

複数センサでの目標色温度・照度の実現

十場 嵩

1 はじめに

近年、オフィスにおけるオフィスワーカーの快適性および知的生産性の向上について注目されており、光環境が人体に与える影響についての研究が行われている¹⁾。また光の特性である照度、光色などが、光源下にいるヒトに対して生理的、心理的な影響を与えることがわかっている²⁾。我々の研究室ではオフィスワーカーの知的生産性の向上にむけて、各個人に適した個別の照明環境を提供できる、知的照明システムを提案している³⁾。

本研究では照度および光色に注目し、照度、光色を個別に提供することで知的生産性の向上を図る方法について検討する。光色を表す指標には、表色系および色温度などが用いられる。本研究では色温度を用い、指定した場所に、指定した照度、色温度を実現する手法について検証を行う。

2 色温度

2.1 色温度とは

色温度とは光源光の色の数値的な尺度である。完全黒体^{*1}の加熱によって放射する光の色をその温度と対応させたものであり、単位を K(ケルビン) で表す。色温度が低いと光色は暖色、高いと白から寒色に近い色となる。一般的に利用されている蛍光灯でも電球色(2600-3150[K])、温白色(3200-4500[K])、白色(3900-4500[K])、昼白色(4600-5400[K])、昼光色(5700-7100[K])等の様々な種類がある。しかし多くの場合は、自然光に近い 5000[K] 前後の照明が用いられており、照明設計に色温度が考慮されている場合は少ない。

2.2 色温度が与える影響

これら光源の色温度の違いは、人体に対して影響を与えることがわかっている。例えば色温度が低い照明下ではヒトの副交感神経が働きが強くなり心身がリラックス、覚醒度が減少する。一方、色温度が高い照明下では交感神経の働きが強くなり、心身が活動的になり覚醒度の上昇、緊張感の増大等の効果がある⁴⁾。

以上のことから、各個人の状態によって色温度を変えることで、光環境の改善、オフィスワーカーの知的生産性の向上および健康維持などが期待出来る。

3 システム概要

3.1 システム構成

本システムは制御用 PC、フルカラー LED 照明および色彩照度計より構築されており、機器同士はネットワー

ク接続し、各照明の制御をセンサのフィードバックを用いることにより行う。すなわち、センサの取得値とユーザの設定した目標値より、照明の光度、色温度を変化を繰り返すことで目標値を実現する。

本システムではシャープ製グリッド天井用フルカラー LED 照明を用いる。フルカラー LED 照明は赤、青、緑、黄の 4 色から構成され、各色 0~1000 のデジタル信号値を転送することによって調光可能である。

3.2 使用光源光色

本システムでは特定の色温度を持つ色光を組み合わせることで目標色温度を実現する。そのため使用する光源光の色は完全黒体放射の色軌跡上を辿るようにする。完全黒体放射の色軌跡とは、完全黒体が各温度で発している光の色を色度図上で示したものである。Fig.1 に u' - v' 色度図上での完全黒体放射の色軌跡を示す。

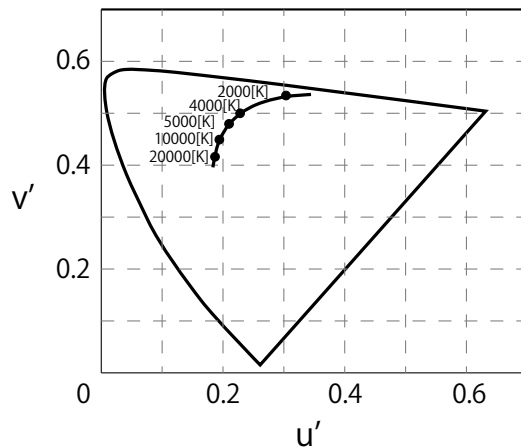


Fig.1 u' - v' 色度図上の黒体放射

各色温度の色光は、フルカラー LED に対して色温度と対応した信号値パターンを入力することで実現可能である。本実験では 3000~20000[K] までの色温度の色光を用いた。

3.3 アルゴリズム

本システムでは、制御アルゴリズムとして、回帰係数を用いた適応的近傍アルゴリズム (Adaptive Neighborhood Algorithm using Regression Coefficient: ANA/RC) を用いる⁵⁾。システムの動作手順は、以下の通りである。

- (1) 目標となる照度と色温度を設定する
- (2) 照明を初期設定光度および初期設定色温度で点灯する
- (3) 照明の光度変化量とセンサの照度変化量から回帰係数を算出する。回帰係数が大きい程、センサへの影

*1 あらゆる電磁波を完全に吸収し、また放出できる理想的物体

響力が強く、これによりセンサとの位置を推定する。

- (4) 照明のセンサへの回帰係数と照度，色温度の取得値と目標値の差から，近傍を設定し，確率的に照度の光度，色温度を変化させる。
- (5) 各照明の変化後の光度，色温度に対応した信号値を照明に転送する。
- (6) センサより照度，色温度を測定し，目標照度，色温度に収束しない場合，(3)～(5)を繰り返す。

4 検証実験

4.1 実験環境

本実験ではフルカラー LED 照明 29 台，色彩照度計を 2 台用いる。目標照度 800～1200lx，目標色温度 4000～8000K の範囲で複数の目標値設定し検証を行う。Fig.2 に実験環境を示す。SensorA は目標照度 1200 lx，目標色温度 8000 K，SensorB は目標照度 800 lx，目標色温度 4000 K で設定した。

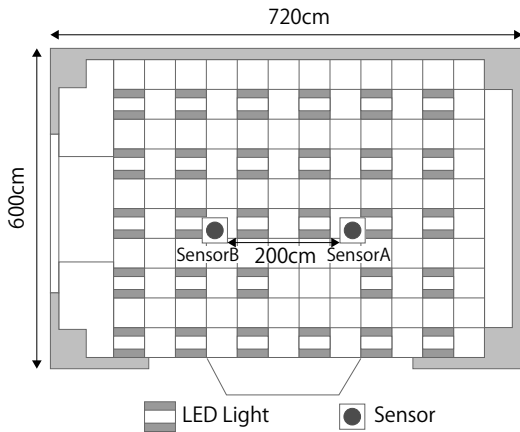


Fig.2 センサ配置図

4.2 実験結果

実験結果として照度を Fig.3，色温度を Fig.4 に示す。

Table2 が示す通り，センサ 2 台共に照度誤差 ± 50 lx 以内，色温度誤差 ± 50 K 以内での収束が確認できた。人が感じない照度変化は ± 50 lx とされている⁶⁾，このため目標照度を実現できていると考えられる。また，色温度に関しては人が認知できる変化の閾値がわかっていないので， ± 50 K 以内での収束とした。これらの結果より，本研究で提案したシステムによって，任意の場所に任意の照度および色温度を提供できることが確認できた。

Table1 照度収束結果

	目標照度 [lx]	実測値 [lx]	誤差 [lx]
SensorA	1200	1203	3
SensorB	800	799	1

5 まとめ

本研究では，任意の場所に任意の照度，色温度を提供するフルカラー LED 照明を用いた照明制御システムを

Table2 色温度収束結果

	目標色温度 [K]	実測値 [K]	誤差 [K]
SensorA	8000	8007	7
SensorB	4000	4009	9

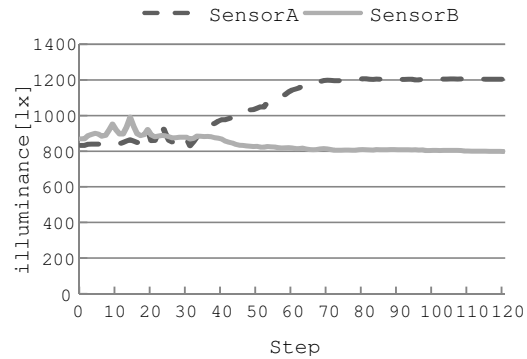


Fig.3 照度収束結果

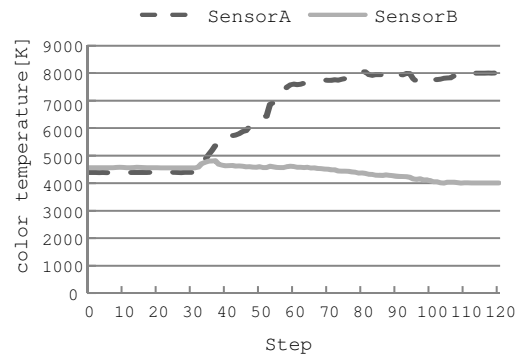


Fig.4 色温度収束結果

構築した。検証実験ではセンサ 2 台を用いた場合には照度，色温度の収束を確認できた。今後はセンサ数を 3，4 台と増やした場合での動作実験，センサ間での目標色温度差が高い場合での収束などの課題がある。

参考文献

- 1) 大林史明，富田和宏，服部瑤子，河内美佐，下田宏，石井裕剛，寺野真明，吉川榮和: オフィスワークのプロダクティビティ改善のための環境制御法の研究 - 照明制御法の開発と実験的評価 -，ヒューマンインターフェース，2004
- 2) 三木光範: 知的システムと知的オフィス環境コンソーシアム，人工知能学会誌 Vol.22，No.3(2007)，pp.399-410,2007
- 3) 高橋 洵子: 色温度と照度が与える生理・心理機能への影響
- 4) 道盛 章弘，荒木 和典，井邊 浩行，萩原 啓，阪口 敏彦: 色温度が覚醒度に与える影響，照明学会全国大会講演論文集 31，220，1998-07-22
- 5) 池田聡，三木光範，廣安知之: 知的照明システムを用いた実業務環境における最適な照度，第 16 回インテリジェント・システム・シンポジウム講演論文集，pp.121-124(2006)
- 6) 鹿倉智明，森川宏之，中村芳樹: オフィス照明環境における明るさの変動知覚に関する研究. 照明学会誌，Vol.85，No.5，pp.346-351，2001-05-01.